

(12) Patentschrift
(11) DE 3928430 C1

(21) Aktenzeichen: P 39 28 430.1-42
 (22) Anmeldetag: 28. 8. 89
 (43) Offenlegungstag: —
 (45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 7. 3. 91

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Linde AG, 6200 Wiesbaden, DE

(72) Erfinder:

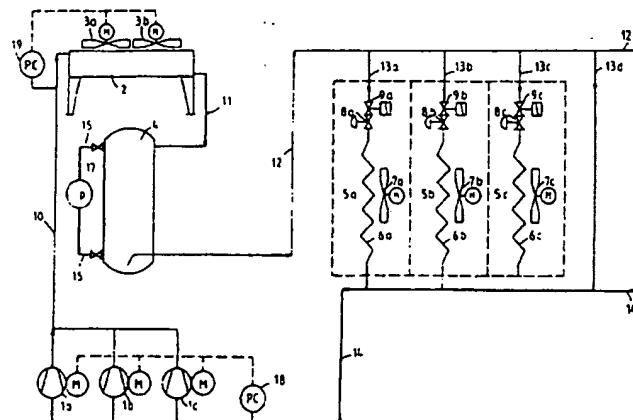
Gruber, Franz, Dipl.-Ing., 5040 Brühl, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 1 40 395
DE 25 40 032 A1

(54) Verfahren zur Überwachung einer Kälteanlage

Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Kälteanlage, die eine Vielzahl von Kälteverbrauchern (5a, 5b, 5c) versorgt, beschrieben. In einem Kältekreislauf wird Kältemittel verdichtet (1a, 1b, 1c), verflüssigt (2), in einen Flüssigkeitssammler (4) eingeführt, und von dort in flüssigem Zustand und unter hohem Druck zu Kälteverbrauchern (5a, 5b, 5c) geführt (12; 13a, 13b, 13c). Dort wird die Flüssigkeit entspannt (8a, 8b, 8c) und in indirektem Wärmetausch zu Kühlluft verdampft (6a, 6b, 6c). Gasförmiges Kältemittel unter niedrigem Druck wird wieder in den Kältemittelkreislauf (Saugleitung 14) zurückgeleitet. Ernungsgemäß wird zu vorgewählten Zeitpunkten der Kältemittelkreislauf zwischen Flüssigkeitssammler (4) und Kälteverbraucher (5a, 5b, 5c) unterbrochen, beispielsweise durch Schließen der Magnetventile (9a, 9b, 9c). Dabei wird jedoch weiter Kältemittel verdichtet (1a, 1b, 1c), verflüssigt (2) und in verflüssigtem Zustand in den Flüssigkeitssammler (4) eingeführt. Anschließend wird die Menge des im Flüssigkeitssammler (4) enthaltenen Kältemittels gemessen. Der auf diese Weise erhaltene Meßwert stellt ein zuverlässiges Maß für die im Kältemittelkreislauf vorhandene Menge an Kältemittel dar.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung einer Kälteanlage, in welcher ein Kältemittel in einem Kältemittelkreislauf von einem Verdichter verdichtet, in einem Kondensator verflüssigt und in einem Sammler gesammelt wird, von dort in flüssigem Zustand zu Verdampfern und nachfolgend in entspanntem, gasförmigen Zustand zurück zum Verdichter geleitet wird, wobei die Füllmenge des Kältemittels im Sammler gemessen und ein Warnsignal dann abgegeben wird, wenn diese Füllmenge einen vorgegebenen Sollwert um einen vorbestimmten Wert unterschreitet.

Derartige Verbund-Kälteanlagen werden beispielsweise in Supermärkten betrieben. Sie versorgen dort im allgemeinen eine Vielzahl von Kälteverbrauchern, wie etwa Kühlräume, Kühl- und Tiefkühlmöbel. Der Sammler dient als Puffer für die umlaufende Kältemittelmenge.

Um einen zu geringen Kältemittelinhalt und mögliche Kältemittelverluste der Anlage festzustellen, wird bei den bekannten Verfahren die Füllmenge im Sammler während des laufenden Betriebes kontinuierlich kontrolliert und bei einem zu niedrigen Wert eine Warnung ausgegeben. Beispielsweise ist in der DE-OS 25 40 032 ein Flüssigkeitssammler offenbart, der mit einem Schwimmer zur Messung der Höhe des Füllstandes im Sammler ausgestattet ist. Wenn der Füllstand für längere Zeit den zulässigen Mindestwert unterschreitet, wird eine Warnanzeige aktiviert. Diese vorbekannte Kontrollvorrichtung ist offensichtlich während des laufenden Betriebes der Kälteanlage ständig eingeschaltet.

In der DE-PS 1 40 395 wird vorgeschlagen, während des Betriebes einer Kältemaschine ständig das Gewicht der Flüssigkeit im Sammler zu messen und eine Abnahme dieser Maßgröße anzugeben.

Die Füllmenge im Sammler ist jedoch sehr starken Schwankungen unterworfen, da sie empfindlich vom momentanen Kältebedarf der einzelnen Kälteverbraucher abhängt. Die einzelnen Verdampfer der Kälteverbraucher sind — je nach augenblicklich benötigtem Kältebedarf — mit mehr oder weniger Kältemittel gefüllt. Die jeweils überschüssige Menge an Kältemittel wird im Sammler gespeichert. Der momentane Kältebedarf und mit ihm auch die Füllmenge im Sammler schwanken sehr stark mit wechselnden Betriebsbedingungen (beispielsweise offener Tag- und abgedeckter Nachtbetrieb bei gekühlten Verkaufsmöbeln).

Die Füllmenge im Sammler hängt über den Kältebedarf hinaus noch von Temperatur und Druck des Kältemittels ab. Diese Parameter sind ebenfalls starken Schwankungen unterworfen, vor allem dann, wenn wie allgemein üblich, der Kondensator mit Außenluft gekühlt wird, deren Temperatur mit Wetter und Tageszeit variiert. Die bekannte Art der Überwachung des Kältemittelinhaltes einer Kälteanlage ist daher ungenau und unbefriedigend.

Der Kreislauf der Kälteanlage muß soviel Kältemittel enthalten, daß auch bei maximalem Kältebedarf die Verdampfer aller Kälteverbraucher gefüllt werden können. Bei niedrigerem Kältebedarf sind einzelne Verdampfer nur teilweise gefüllt oder sogar vollständig leer. Diese überschüssige Menge von Kältemittel wird vom Sammler aufgefangen.

Die Art der Überwachung des Kältemittelinhaltes, die bei den bisher bekannten Verfahren zum Betreiben einer Kälteanlage angewandt wird, erfolgt über Messungen des Füllstandes im Sammler während des laufenden

Betriebs und ist häufigen und erheblichen Störungen durch mehrere Parameter unterworfen. Die Überwachung ist daher ungenau und gewährleistet keine befriedigende Sicherheit gegen unerkannte Kältemittelverluste.

Der vorliegende Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren im Hinblick auf eine frühzeitige Erkennung von Kältemittelverlusten zu verbessern.

10 Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Messung der Füllmenge in vorgegebenen, regelmäßigen Zeitabständen durchgeführt wird, daß vor der Messung der Füllmenge zunächst die Kältemittelversorgungsleitung zu den Verdampfern unterbrochen wird, bis das genannte flüssige Kältemittel in den Verdampfern verdampft ist, und der Saugdruck des Verdichters oder der Verflüssigungsdruck des Kältemittels im Kondensator auf einen jeweils vorgegebenen Wert eingeregelt ist, wobei das Kältemittel bis zu diesem Zeitpunkt weiter verdichtet, verflüssigt und dem Sammler zugeleitet wird, damit zu Beginn der Messung stets die gleiche Restmenge an Kältemittel im Verdampfersystem und/oder stets die gleiche Kältemitteldichte im Sammler vorliegen.

Die Überwachung des Kältemittelinhaltes findet damit nicht ständig und während des laufenden Betriebes statt, sondern unter fest vorgegebenen und reproduzierbaren Bedingungen. Die Meßgröße kann somit den bei den bekannten Verfahren auftretenden zufälligen Schwankungen weitestgehend entzogen werden. Dazu bleibt der Kältemittelkreislauf solange unterbrochen, bis die Verdampfer sämtlicher Kälteverbraucher leergesaugt sind und praktisch das gesamte in der Kälteanlage enthaltene Kältemittel verflüssigt und in den Sammler eingeführt ist. Dabei wird für jede Messung derselben Wert für den Saugdruck und/oder den Verflüssigungsdruck eingestellt.

Durch die Saugdruckregelung wird sichergestellt, daß während jeder Messung der gleiche Druck in den Verdampfern der einzelnen Kälteverbraucher herrscht. Die in den Verdampfern und den Rohrleitungen verbliebene Restmenge an gasförmigen Kältemittel ist daher bei jeder Messung die gleiche. Der Saugdruck wird durch die Leistung beim Verdichten eingestellt, speziell durch die Anzahl der laufenden Verdichter und/oder deren Drehzahl.

Somit befindet sich eine genau definierte Restmenge von — ausschließlich gasförmigem — Kältemittel im Verdampfer- und Niederdruck-Leitungssystem. Der übrige Anteil liegt im Sammler nahezu ausschließlich als Flüssigkeit vor.

Die Regelung des Verflüssigungsdrucks kann entweder direkt oder über eine Regelung der Verflüssigungs temperatur vorgenommen werden. Sie gewährleistet bei jeder Messung eine gleichbleibende Dichte des Kältemittels im Sammler und im Hochdruck-Leitungssystem. Dies ist für die Konstanz der Dichte des dampfförmig verbliebenen Anteils des Kältemittels von Bedeutung, welche die meisten Meßmethoden für die Füllmenge im Sammler beeinflußt. Stellgröße ist in der Regel die Leistung beim Verflüssigen, beispielsweise reguliert über Anzahl und Umdrehungsgeschwindigkeit der laufenden Verflüssigerventilatoren.

Die Füllmenge im Sammler stellt unter diesen Bedingungen eine reproduzierbare, von Störgrößen weitgehend unabhängige Meßgröße für die gesamte im Kältemittelkreislauf enthaltene Menge an Kältemittel dar. Mögliche Verluste an Kältemittel können rechtzeitig festgestellt werden. Die Entleerung der Verdampfer und

die anschließende Messung des Kältemittelinhaltes werden in einer Zeit erniedrigten Kältebedarfs, vorzugsweise nachts, durchgeführt und periodisch, beispielsweise täglich oder wöchentlich wiederholt.

Besonders günstig ist, wenn bei dem erfundungsgemäßen Verfahren vor der Messung der Füllmenge beide Größen, sowohl der Saugdruck des Verdichters als auch der Verflüssigungsdruck des Kältemittels auf einen jeweils vorgegebenen Wert eingeregelt werden. Damit ist die gesamte gasförmig verbliebene Restmenge an Kältemittel als Störgröße ausgeschaltet, sowohl auf der Niederdruck- als auch auf der Hochdruckseite.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfahrung wird die Messung der Füllmenge entweder gravimetrisch über den hydrostatischen Druck des Kältemittels am Boden des Sammlers oder volumetrisch bei gleichzeitiger Temperaturmessung des Kältemittels im Sammler erfolgt.

Eine vorteilhafte Meßmethode der Füllmenge besteht in der Bestimmung des hydrostatischen Drucks der Kältemittelflüssigkeit am Boden des Sammlers. Dies wird gemäß einer Weiterbildung der Erfahrung mittels einer Meßvorrichtung durchgeführt, welche über eine obere und eine untere Kältemittelleitung mit der Oberseite und der Unterseite des Sammlers verbunden ist, wobei die untere Kältemittelleitung beheizt wird.

Über eine derartige Druckmessung kann direkt das Gewicht und damit die Stoffmenge des im Sammler enthaltenen Kältemittels gemessen werden. Es gehen keine weiteren Ungenauigkeiten durch andere zu messende Parameter oder notwendige Umrechnungen ein. Beide Kältemittelleitungen müssen mit gasförmigem Kältemittel gefüllt sein. In den Leitungen anstehendes flüssiges Kältemittel kann das Meßergebnis merklich verfälschen. Durch die Beheizung wird in der unteren Kältemittelleitung anstehende Flüssigkeit verdampft, so daß der hydrostatische Druck in der Leitung praktisch keinen Einfluß auf das Meßergebnis ausübt. Die obere Kältemittelleitung sollte mit Gefälle von der Meßvorrichtung zum Sammler verlegt sein, so daß anfallende Flüssigkeit in den Sammler ablaufen kann.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn der vorgegebene Sollwert für die füllmenge des Kältemittels, im Sammler bei der Erstinbetriebnahme der Kälteanlage unmittelbar nach deren Einlaufphase ermittelt wird.

Um einen realitätsnahen Sollwert zu erhalten, wird dieser vorzugsweise nach einer gewissen Einlaufzeit der Kälteanlage bestimmt. Bei der wiederholten Überprüfung des Kältemittelinhaltts während des laufenden Betriebs wird der ermittelte Wert mit diesem Sollwert verglichen. Weicht der momentane Wert vom Sollwert stark nach unten ab, beispielsweise mehr als 3 oder 6%, so wird eine Warnung ausgegeben.

Die Erfahrung und nähere Einzelheiten der Erfahrung werden im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels, welches in der Zeichnung schematisch dargestellt ist, näher erläutert.

In der Zeichnung ist eine Kälteanlage, welche nach dem erfundungsgemäßen Verfahren betrieben werden kann, schematisch dargestellt. Die Anlage weist speziell drei parallel geschaltete Verdichter 1a, 1b, 1c auf. Die Anzahl der Verdichter kann je nach Verwendung der Kälteanlage auch größer oder kleiner sein. Die Verdichter 1a, 1b, 1c saugen gasförmiges Kältemittel aus einer Saugleitung 14 an und fördern es unter Druck über Leitung 10 zu einem Kondensator 2, in dem es durch indirekten Wärmetausch kondensiert wird. Der Kondensator 2 wird im allgemeinen von Außenluft gekühlt,

welche über Verflüssigerventilatoren 3a, 3b herangeführt wird.

Flüssiges Kältemittel aus dem Kondensator 2 wird über Leitung 11 in einen Sammler 4 eingeführt. Über eine Kältemittelversorgungsleitung 12 wird Flüssigkeit aus dem Sammler 4 entnommen und zu Kälteverbrauchern 5a, 5b, 5c weitergeleitet. In der Zeichnung sind drei Kälteverbraucher 5a, 5b, 5c als Beispiel eingezeichnet.

Jeder Kälteverbraucher 5a, 5b, 5c weist eine Kältemittelversorgungsleitung 13a, 13b, 13c auf, die durch ein Magnetventil 9a, 9b, 9c geschlossen werden kann. Bei geöffnetem Magnetventil 9a, 9b, 9c strömt flüssiges, unter Druck stehendes Kältemittel in ein Expansionsventil 8a, 8b, 8c, in welchem es entspannt wird. Das entspannte Kältemittel wird in einem Verdampfer 6a, 6b, 6c, der von durch ein Gebläse 7a, 7b, 7c geförderte Luft umströmt wird, verdampft.

Das gasförmige, unter niedrigem Druck stehende Kältemittel wird wieder in den Kreislauf (Saugleitung 14) zurückgeführt.

Die Verdichter 1a, 1b, 1c werden über eine Saugdruckregelung 18 gesteuert. In ähnlicher Weise werden die Verflüssigerventilatoren 3a, 3b, in Abhängigkeit vom Verflüssigungsdruck geschaltet (Verflüssigerregler 19). In beiden Fällen werden die Anzahl und möglicherweise die Umdrehungsgeschwindigkeit der eingeschalteten Aggregate variiert.

Bei der erfundungsgemäßen Art der Ermittlung des Kältemittelinhaltts der Anlage wird folgendermaßen vorgegangen:

In vorgegebenen Zeitabständen, beispielsweise täglich oder wöchentlich, werden die Kältemittelversorgungsleitungen 13a, 13b, 13c sämtlicher Kälteverbraucher 5a, 5b, 5c durch Betätigung der Magnetventile 9a, 9b, 9c geschlossen. Der Kältemittelkreislauf ist damit zwischen Sammler 4 und Kälteverbrauchern 5a, 5b, 5c unterbrochen. Die Verdichter werden weiterhin von der Saugdruckregelung 18 gesteuert. Dabei kann jedoch ein niedrigerer Sollwert für den Saugdruck vorgegeben werden als während des Normalbetriebs. Die Verflüssigerventilatoren 3a, 3b sowie die Gebläse 7a, 7b, 7c der einzelnen Kälteverbraucher 5a, 5b, 5c bleiben ebenfalls in Betrieb.

Auf diese Weise wird das Kältemittel praktisch vollständig aus den Verdampfern 6a, 6b, 6c abgesaugt, verflüssigt und schließlich über Leitung 11 in den Sammler 4 eingeführt. Sobald die Verdampfer vollständig entleert sind, kann mit der Messung der Menge des im Sammler 4 enthaltenen Kältemittels begonnen werden. Der Meßzeitpunkt kann entweder durch eine erfahrungsgemäß ausreichende Wartezeit ab dem Schließen der Magnetventile 9a, 9b, 9c, beispielsweise etwa 10 bis 30 Minuten, festgelegt oder jeweils durch das Erreichen des maximalen Flüssigkeitsstandes im Sammler 4 bestimmt werden.

Am Ende der Absaugphase ist darauf zu achten, daß der Verflüssigungsdruck und/oder die Verflüssigungs temperatur ein konstantes, vorgewähltes Niveau erreichen. Dies ist nicht nur bei volumetrischen Messungen notwendig, bei denen in die Berechnung der Stoffmenge die vom Druck und von der Temperatur abhängige Dichte des Kältemittels eingeht, sondern auch bei direkteren gravimetrischen Messungen, die von Schwankungen der Dampfdichte auf der Druckseite der Kälteanlage gestört werden können. Diese Steuerung ist Hauptaufgabe des Verflüssigerreglers 19, der die Leistung der Verflüssigerventilatoren beeinflußt. Regelgröße ist da-

bei der Druck beim Verflüssigen, der direkt über die Dampfdruckkurve des Kältemittels mit der Verflüssigungstemperatur korrespondiert.

Mit Außenluft gekühlte Anlagen werden üblicherweise auf eine maximale Außentemperatur von etwa 40°C ausgelegt. Da das Absaugen des Kältemittels im allgemeinen nachts durchgeführt wird, kann zu diesem Zweck ein niedrigeres Temperaturniveau eingestellt werden. In der Regel reicht hier ein Sollwert für die Verflüssigungstemperatur von etwa 25°C aus. Dadurch gewinnt man außerdem den Vorteil, daß kleinere Druckschwankungen und damit verbundene Schwankungen des Gasvolumens sich weniger stark auf den Meßwert für den Kältemittelinhalt auswirken. Die Dichte von gasförmigem Kältemittel ist nämlich bei niedrigen Temperaturen deutlich geringer (bei R22: 0,0441 kg/dm³ bei 25°C gegenüber 0,0659 kg/dm³ bei 40°C).

Nach einer vorgewählten Wartezeit ist die restliche Kältemittelflüssigkeit in den Kälteverbrauchern 5a, 5b, 5c verdampft, von den Verdichtern 1a, 1b, 1c angesaugt und nach Kondensation (1) im Kältemittelsammler 4 gespeichert. Dafür sind erfahrungsgemäß 10 bis 30 Minuten ausreichend. Falls gewünscht, kann der Meßzeitpunkt auch genauer durch Beobachtung der Veränderung des Füllstandes im Sammler 4 bestimmt werden.

Die Messung des Inhaltes des Sammlers 4 kann auf vielfältige Weise erfolgen, beispielsweise durch Messung der Höhe der Flüssigkeitssäule, durch Dehnungsmeßstreifen usw. Besonders vorteilhaft ist jedoch eine direkte gravimetrische Messung, die auf besonders günstige Weise durch eine Bestimmung des hydrostatischen Druckes der Flüssigkeitssäule im Sammler 4 durchgeführt werden kann.

Zu diesem Zweck sind das obere und das untere Ende 35 des Flüssigkeitssammlers 4 über eine obere Kältemittelleitung 15 bzw. eine untere Kältemittelleitung 16 mit einer Meßvorrichtung 17, beispielsweise einem Differenzmanometer, verbunden. Leitung 16 ist vorzugsweise mit einer elektrischen Heizung versehen, die vom Zeitpunkt des Schließens der Magnetventile 9a, 9b, 9c der Kälteverbraucher 5a, 5b, 5c bis zum Abschluß der Messung in Betrieb ist. Dadurch wird sichergestellt, daß das gesamte in Leitung 16 befindliche Kältemittel verdampft ist und keine in der Meßleitung 16 anstehende 45 Flüssigkeit das Meßergebnis verfälschen kann.

Nach Inbetriebnahme der Kälteanlage wird nach einer gewissen Einlaufphase zum ersten Mal die in der Anlage befindliche Menge an Kältemittel auf die erfundungsgemäß Art gemessen, um einen Sollwert für die 50 darauffolgenden, in regelmäßigen Abständen durchgeführten Messungen zu erhalten. Bei den späteren Messungen werden die momentan ermittelten Werte für den Kältemittelinhalt mit dem Sollwert verglichen. Falls eine bedenkliche Differenz von beispielsweise mehr als 3 55 oder 6% vorliegen sollte, wird eine Warnung ausgelöst. Die maximal tolerierte Differenz kann beispielsweise durch entsprechende Einstellung eines Warnkontaktees am Differenzmanometer 17 vorgewählt werden.

Die Meßvorrichtung 17 kann außerdem für die Überwachung des Flüssigkeitsstandes im Sammler 4 während des normalen Betriebes eingesetzt werden.

Kondensator verflüssigt und in einem Sammler gesammelt wird, von dort in flüssigem Zustand zu Verdampfern und nachfolgend in entspanntem, gasförmigen Zustand zurück zum Verdichter geleitet wird, wobei die Füllmenge des Kältemittels im Sammler gemessen und ein Warnsignal dann abgegeben wird, wenn diese Füllmenge einen vorgegebenen Sollwert um einen vorbestimmten Wert unterschreitet, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Füllmenge in vorgegebenen, regelmäßigen Zeitabständen durchgeführt wird, daß vor der Messung der Füllmenge zunächst die Kältemittelversorgungsleitung zu den Verdampfern unterbrochen wird, bis das gesamte flüssige Kältemittel in den Verdampfern verdampft ist, und der Saugdruck des Verdichters oder der Verflüssigungsdruck des Kältemittels im Kondensator auf einen jeweils vorgegebenen Wert eingeregelt ist, wobei das Kältemittel bis zu diesem Zeitpunkt weiter verdichtet, verflüssigt und dem Sammler zugeleitet wird, damit zu Beginn der Messung stets die gleiche Restmenge an Kältemittel im Verdampfersystem und/oder stets die gleiche Kältemitteldichte im Sammler vorliegen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Messung der Füllmenge sowohl der Saugdruck des Verdichters als auch der Verflüssigungsdruck des Kältemittels im Kondensator auf einen jeweils vorgegebenen Wert eingeregelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Füllmenge entweder gravimetrisch über den hydrostatischen Druck des Kältemittels am Boden des Sammlers oder volumetrisch bei gleichzeitiger Temperaturmessung des Kältemittels im Sammler erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung des hydrostatischen Drucks des Kältemittels am Boden des Sammlers die Oberseite und die Unterseite des Sammlers mit der zugeordneten Meßvorrichtung über eine obere und eine untere Kältemittelleitung verbunden sind und daß die untere Kältemittelleitung beheizt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Sollwert bei der Erstinbetriebnahme der Kälteanlage unmittelbar nach deren Einlaufphase ermittelt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung einer Kälteanlage, in welcher ein Kältemittel in einem Kältemittelkreislauf von einem Verdichter verdichtet, in einem

— Leerseite —

